

На правах рукописи



ГРИГОРЬЕВ Иван Иванович

**СОВРЕМЕННОЕ ТЕХНОГЕННОЕ
ОВРАГООБРАЗОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ**

Специальность: 25.00.25 – Геоморфология и эволюционная география

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук

Ижевск-2015

Работа выполнена на кафедре физической географии и ландшафтной экологии географического факультета ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет».

Научный руководитель:

Рысин Иван Иванович

*доктор географических наук, профессор,
зав. кафедрой экологии и природопользования
ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный
университет»*

Официальные оппоненты:

Гареев Ауфар Миннигазимович

*доктор географических наук, профессор,
зав. кафедрой гидрологии и геоэкологии
ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный
университет»*

Двинских Александр Петрович

*кандидат географических наук, доцент
кафедры ландшафтной экологии Казанского
(Приволжского) федерального университета*

Ведущая организация:

Научно-исследовательская лаборатория
эрозии почв и русловых процессов им.
Н.И. Маккавеева географического факультета
Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова

Защита состоится «18» июня 2015 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.081.20 в Казанском (Приволжском) федеральном университете по адресу: 420097, г. Казань, ул. Товарищеская, д.5, Институт экологии и природопользования КФУ, ауд.315.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет». Электронная версия автореферата размещена на официальном сайте Казанского (Приволжского) федерального университета (<http://kpfu.ru/>).

Ваши отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Казанский (Приволжский) федеральный университет, отдел аттестации научно-педагогических кадров. Факс: (843) 2337867. E-mail: 1aotdel@kpfu.ru.

Автореферат разослан «20» апреля 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических
наук, доцент



Ю.Г. Хабутдинов

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В связи с постоянно увеличивающимся числом техногенных оврагов, все чаще поражающих места жизнедеятельности человека, возникла необходимость в их исследовании на территории Удмуртской Республики.

Сведение лесов, наряду с распашкой земель и систематическим рыхлением почв создали благоприятные условия для появления густой сети оврагов на всей европейской части России. Такое активное развитие оврагов в конце XIX – начале XX вв. позволило исследователям предположить чисто антропогенное происхождение оврагов. Конец XX в. охарактеризовался уменьшением посевных площадей, изменением агрокультуры, что привело к снижению числа активных агрогенных оврагов. Если ранее основной причиной оврагообразования была сельскохозяйственная деятельность людей (расширение пахотных земель), то в настоящее время возрастает доля техногенно обусловленных оврагов (в населенных пунктах, при прокладке дорог, трубопроводов, добыче полезных ископаемых). Если агрогенные овраги обычно возникают в естественных понижениях рельефа, то техногенные могут возникнуть в любой точке ландшафта, будь то склон, водораздел или пойма реки. На дальнейшее развитие оврагов, возникших вследствие разного рода воздействий, влияет вся совокупность факторов.

Цель и задачи. Автор поставил *целью* выявить и проанализировать особенности формирования и развития техногенных оврагов на территории Удмуртской Республики (УР). При этом решались следующие *задачи*:

- 1) анализ природно-антропогенных условий, определяющих современное состояние техногенной овражной сети на территории УР;
- 2) разработка генетической типизации антропогенных, в том числе, техногенных оврагов;
- 3) создание базы данных для пространственно-временного анализа техногенной овражной эрозии с помощью геоинформационных систем (ГИС);
- 4) изучение распространения техногенных оврагов на основе дешифрирования аэрофотоснимков с применением крупномасштабных топографических карт и количественный анализ факторов, определяющих их распространение;
- 5) исследование современной динамики техногенных оврагов и оценка влияния основных факторов их развития;
- 6) прогнозирование овражной эрозии и разработка практических рекомендаций по предотвращению появления техногенных оврагов и борьбе с их развитием.

Фактической основой для работы послужили данные полевых исследований автора в составе комплексной географической экспедиции Удмуртского госуниверситета (УдГУ) в 2002-2013 гг., а также самостоятельных исследований в процессе проведения учебных

физико-географических и картографических практик 2002-2013 гг., дешифрирования аэрофотоснимков и использования картографических материалов масштаба 1:100000 Управления Росреестра по Удмуртской Республике. За указанный период было выделено по различным картографическим материалам около 500 техногенных оврагов и обследовано непосредственно в натуре около 30 оврагов, на которых выполнено описание морфологии и морфометрии, а также проведены ежегодные и сезонные наблюдения над особенностями их динамики.

Для построения карт сети техногенных оврагов использовались крупномасштабные топографические карты, фототопопланшеты с нанесенными горизонталями сечением 5 м и аэрофотоснимки. В качестве основы для построения тематических карт использовалась сетка элементарных речных бассейнов, ранее выделенная И.И. Рысиным. Некоторые карты (залесенности, гидрологических показателей и т.д.) составлены автором по фондовым материалам кафедры физической географии и ландшафтной экологии, кафедры геодезии и геоинформатики УдГУ и литературным источникам.

Научная новизна.

1. На обширном фактическом материале разработана генетическая типизация техногенных оврагов Удмуртии, применимая для большинства регионов страны.
2. Методом выделения элементарных бассейнов впервые построены детальные карты густоты и плотности техногенных оврагов на территории УР с применением ГИС.
3. На основе созданных крупномасштабных планов техногенных оврагов подсчитано ежегодное изменение их площади и объема вынесенного материала в течение 7 лет.
4. Впервые определены морфолого-морфометрические особенности основных генетических типов техногенных оврагов.
5. Изучено влияние на развитие различных генетических типов техногенных оврагов основных природных и антропогенных факторов.
6. Построена математико-статистическая модель динамики овражной эрозии за 34-летний период с целью прогнозирования роста оврагов.

Практическая ценность работы. Данные, полученные в результате проведенных исследований, могут быть использованы при разработке планов противоэрозионных мероприятий в хозяйствах региона, оценке размещения промышленных площадок, строительстве дорожной сети; при подготовке специалистов физико-географических, природоохранных и картографических направлений. Геоморфологические особенности техногенных оврагов, эрозионные процессы в них самих и на водосборах следует учитывать при разработке генеральных планов территорий. Полученные результаты использовались при подготовке отчета по гранту Министерства образования и науки РФ по теме

«Экзогенный морфолитогенез антропогенных геосистем Вятско-Камского междуречья в условиях глобального потепления климата» (рег. номер: 0.12.01052156), при выполнении гранта ВОО «Русское географическое общество» на тему «Подготовка и издание Атласа Удмуртской Республики» (договор №36/2013-Н4/631) и государственного контракта № 03-10/15 от 01.12 2014 г. на выполнение научно-исследовательских работ по теме: «Создание электронного варианта Атласа Удмуртской Республики с применением геоинформационных систем», также внедрены в виде рекомендаций в работу муниципального бюджетного учреждения «Архитектурно-планировочное бюро» г.Ижевска (справка о внедрении №1736/1 от 15.10.2014 г.). Материалы и результаты диссертационного исследования используются и в учебном процессе по направлению «География».

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Определение генезиса техногенных оврагов и анализ их морфолого-морфометрических характеристик позволяет выделить четыре основных типа и четыре подтипа.
2. Появление техногенных оврагов обусловлено в первую очередь антропогенными предпосылками (нарушение норм, правил и требований природопользования). Их распространение на исследуемой территории является аazonальным, обусловленным, прежде всего, густотой дорожной сети ($\eta=0,49$) и долей земель населенных пунктов в элементарном бассейне ($\eta=0,53$).
3. Показатели скоростей роста техногенных оврагов отличаются пульсационным характером и крайне высокими межгодовыми и сезонными амплитудами, слабо зависящими как от гидрометеорологических условий, так и от времени года. Из природных факторов наибольшее влияние оказывают площадь водосбора оврага ($r=0,93$) и длина склона ($r=0,78$).
4. В многолетней динамике овражной эрозии выявлена общая закономерность: тенденция затухания агрогенных оврагов и активизация современного техногенного оврагообразования.
5. Математико-статистическая модель прогнозирования динамики овражной эрозии, построенная на основе 34-летних рядов показателей ежегодного прироста оврагов, позволяет с большой долей вероятности предсказать интенсивность оврагообразования на ближайшие годы.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на семинарах молодых ученых (Волгоград, 2006, 2012, Курск, 2008, Уфа, 2010), на пленарных совещаниях и научно-практических конференциях Межвузовского научно-координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ (Ижевск, 2005, Чебоксары, 2006, Астрахань, 2010; Арзамас, 2011; Ижевск, 2012), Пленумах геоморфологической комиссии РАН (Ижевск, 2006; Санкт-Петербург, 2008), различных научно-практических конференциях, в том числе международных: «Перенос наносов в эрозионно-русловых

системах» (Москва, 2004), «Современные глобальные и региональные изменения геосистем» (Казань, 2004), «Эрозионно-аккумулятивные процессы и речные системы освоенных территорий» (Львов, 2006), «Природные, социально-экономические и этнокультурные процессы в России» (Казань, 2008), «Эрозионные и русловые процессы на равнинных территориях» (Минск, 2009), «Природные, социально-экономические и этнокультурные процессы в России» (Казань, 2009), , «Проблемы прикладной и региональной географии» (Ижевск, 2012), «Региональные исследования природно-территориальных комплексов» (Казань, 2012).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 54 работы, в том числе 27 статей (3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения общим объемом 173 страницы. Она включает приложение (46 стр.), содержит 69 рисунков и карт, 21 таблицу по тексту, а также 10 рисунков и карт, 16 таблиц в приложении и список литературы из 171 наименования.

Благодарности. Автор благодарен доктору географических наук профессору И.И. Рысину, под руководством которого выполнена диссертация. Автор признателен д.г.н., доценту М.А. Саранче, к.г.н., проф. А.Г. Илларионову, к.г.н., доцентам И.В. Глейзеру, И.Е. Егорову и А.А. Перевошикову за ценные советы и критические замечания по диссертации. Также автор особо благодарен д.физ.-мат. наук, профессору А.В. Летчикову за консультации по математической статистике. Кроме того, благодарю сотрудников кафедры физической географии и ландшафтной экологии и кафедры геодезии и геоинформатики Удмуртского государственного университета за помощь и поддержку в проводимых исследованиях.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Физико-географические условия оврагообразования

Современная овражная сеть формировалась в относительно стабильных геолого-геоморфологических и климато-гидрологических условиях при постоянно увеличивающемся влиянии антропогенной деятельности.

Большое влияние на образование оврагов оказывают четвертичные отложения, особенно элювиально-делювиальные и делювиально-солифлюкционные суглинки. Поэтому максимальные показатели заовраженности приурочены к южной части Удмуртии с максимальной мощностью лессовидных суглинков. Рельеф играет существенную роль в формировании поверхностного стока, и, следовательно, оказывает большое влияние на развитие овражной эрозии. Огромное влияние оказывают глубины местных базисов эрозии, предопределяющие длительность развития и, соответственно, скорость роста оврагов,

глубину вскрытия пород и возможность вовлечения в эрозионную деятельность помимо поверхностного и большого объема подземного стока. Важными климатическими показателями, имеющими влияние на развитие оврагов, являются количество и интенсивность выпадающих атмосферных осадков, температурный режим, глубина промерзания почв и количество воды в снежном покрове. Почвы региона, в том числе преобладающие дерново-подзолистые, отличаются низкой противозерозионной устойчивостью, что также способствует развитию линейной эрозии. Роль растительности, особенно лесной, как сдерживающего фактора в развитии эрозионных процессов, имеет огромное значение. Большая часть региона находится в подзоне южной тайги. В настоящее время леса занимают около 2044 тыс. га, что составляет примерно 48,6% от всей площади республики. Кроме вырубки лесов и распашки земель большое воздействие на овражную эрозию оказывает промышленная деятельность и строительство автодорог, газо- и нефтепроводов, добыча полезных ископаемых. Таким образом, природные условия и хозяйственная деятельность способствуют развитию овражной эрозии на территории Удмуртской Республики.

Глава 2. Распространение техногенных оврагов на территории Удмуртской Республики

Предлагается авторская типизация и определение техногенных оврагов, основанные на особенностях их генезиса, морфологии и морфометрии.

Наиболее простым и научно обоснованным является деление всех оврагов по происхождению на естественные и антропогенные. Антропогенные овраги целесообразно разделить на две большие группы: сельскохозяйственные (мы предлагаем называть их *агрогенными*) и *техногенные*.

Агрогенные овраги подразделяются на два типа. К первому типу необходимо отнести *«арационные»* овраги, появившиеся в результате нарушения естественных условий на водосборе пахотными работами и уничтожением растительности. Ко второму типу относятся *«мелиоративные»* овраги, появившиеся на каких-то искусственных водосборах, созданных в результате образования новых форм рельефа при проведении мелиоративных работ и овраги, появившиеся на склонах в результате чрезмерного орошения.

Что касается техногенных оврагов, то среди них следует выделить четыре типа – *«придорожные»*, *«промышленно-стоковые»*, *«селитебные»* и *«карьерные»*.

Придорожные овраги можно разделить на 2 подтипа - *«кюветные»*, расположенные вдоль дорог и *«дюкерные»* (овраги переходов), расположенные под некоторым углом к дороге. Для образования *промышленно-стоковых оврагов* необходимо нарушение правил выпуска промышленных вод с территории объекта и игнорирование рельефа окружающей

поверхности. *Селитебные овраги* подразделяются нами на 2 подтипа – «руральные», развивающиеся на территории сельских населенных пунктов и «урбаногенные», порождаемые хозяйственной деятельностью на территории городов. *Карьерные овраги* в Удмуртии встречаются на территориях выработок нерудных полезных ископаемых, чаще всего они имеют небольшие размеры и небольшой интервал развития.

С целью изучения морфометрических особенностей техногенных оврагов было проанализировано 459 оврагов 3-х типов – 224 придорожных, включая кюветные и дюкерные, 54 промышленно-стоковых и 181 селитебных.

Для всех типов характерной чертой является преобладание длин оврагов до 200 м – от 62% для придорожных до 69% для селитебных. Придорожные овраги в целом несколько длиннее промышленно-стоковых, а селитебные овраги короче. Полученный вывод логичен, поскольку в пределах населенных пунктов развитие оврага часто ограничено постройками, в отличие от придорожных оврагов, особенно кюветного подтипа. Наибольшие средние уклоны ($6-8^\circ$) и глубины местных базисов эрозии (50-60 м) характерны для промышленно-стоковых оврагов. Для них же зафиксированы наименьшие средние значения площадей водосборов оврагов – всего 10,7 га, что подтверждает предположение о большем влиянии на их рост сбросов технических вод, нежели природного поверхностного стока. Средние значения площадей водосборов придорожных оврагов равны 13,4 га, что чуть выше площадей селитебных - 12,3 га.

В целом, на основе морфометрического изучения данных типов техногенных оврагов, можно сделать вывод о том, что на возникновение и развитие промышленно-стоковых оврагов влияет режим сброса технических вод с промышленных площадок в совокупности с наличием относительно крутых и длинных склонов. На появление и развитие придорожных и селитебных оврагов большое влияние оказывает наличие или отсутствие технических сооружений, способных перераспределять и концентрировать поверхностный сток.

Наиболее репрезентативными операционными территориальными единицами (ОТЕ) для картирования эрозионной сети являются элементарные речные бассейны. Всего было выделено на территории Удмуртии 1285 элементарных речных бассейнов, преимущественно 2, реже 1 и 3 порядков средней площадью около 34 км². На основе имеющейся карты элементарных бассейнов нами построены карты густоты и плотности техногенных оврагов, а также их типов (рис.1). Основным дешифровочным признаком техногенных оврагов в нашем случае чаще всего являлось местоположение оврага относительно дорог, промышленных объектов, населенных пунктов и т.п. Часть выделенных оврагов для подтверждения их генезиса обследовалась в полевых условиях.

Рис. 1 Карта-схема густоты техногенных оврагов на территории УР

Густота техногенных оврагов в республике относительно невысока. На большей части территории Удмуртии техногенные овраги отсутствуют. Минимальные значения (0-10 м/км²) зафиксированы в северо-восточных и западных районах Удмуртии. Наиболее высокие значения густоты (более 30 м/км²) характерны для юго-восточных и северо-западных районов. Максимального значения (57,7 м/км²) густота техногенных оврагов достигает на территории Юкаменского района УР. По остальной территории республики густота техногенных оврагов распределяется относительно равномерно, с отдельными повышенными показателями более 50 м/км². В большинстве элементарных бассейнов густота техногенных оврагов составляет от 0 до 20 м/км², лишь в 27 бассейнах густота оврагов составляет больше 20 м/км².

Плотность техногенных оврагов в республике также в целом не высокая. Минимальные значения (до 0,05 ед/км²) отмечены в северо-восточных и центральных и западных районах Удмуртии. Наиболее высокие значения плотности (более 0,15 ед/км²) характерны для юго-восточных, юго-западных и северо-западных районов. По остальной территории республики плотность техногенных оврагов распределяется относительно равномерно.

Распределение показателей густоты техногенных оврагов по морфогенетическим типам также имеет свои особенности.

Средний показатель густоты промышленно-стоковых оврагов ниже остальных типов – 0,2 м/км². Встречаются данные овраги по всей исследуемой территории, но резко выделяется правобережье р. Кама в Каракулинском и Сарапульском районах (нефтедобыча и связанные с ней производственные площадки) и окрестности г. Ижевска (промышленные предприятия).

Несколько выше средний показатель густоты селитебных оврагов – 0,7 м/км². Встречаются они на территории Удмуртии повсеместно, но особенно выделяются районы старого земледельческого освоения с большим количеством населенных пунктов – Юкаменский район на северо-западе, юг Селтинского и Завьяловский районы в центральной части, почти все южные районы.

Наибольшая средняя густота у придорожных оврагов – 1,1 м/км². Распространены овраги данного типа в Удмуртии относительно равномерно, поскольку сеть дорог охватывает почти все районы республики. Выделяются только северо-восточные районы и крайний север республики – наименее обжитые и максимально залесенные.

Нами создана овражно-эрозионная геоинформационная система (ОЭГИС), несомненным достоинством которой является база данных по всем элементарным бассейнам, включающая как факторы, влияющие на оврагообразование, так и показатели, характеризующие непосредственно техногенные овраги. Построена база данных как таблица, включающая 1285 строк по числу элементарных бассейнов и 44 столбца с различными

показателями (их количество может постоянно увеличиваться). На основе имеющейся базы данных создано более 20 тематических карт, представленных в приложении диссертации и подробно описанных нами в некоторых работах [Григорьев, 2008; Григорьев, Рысин, 2009].

Нами ведется геодезическое наблюдение за развитием некоторых техногенных оврагов. С помощью создаваемых крупномасштабных планов и схем, наглядно представляется картина развития активно растущих оврагов не только в длину, но и в ширину и глубину.

Карты густоты и плотности техногенных оврагов (и их типов) показывают их локальное распространение на территории Удмуртии. Максимальных значений густота и плотность техногенных оврагов достигают в северо-западных и юго-восточных районах, активно заселенных и осваиваемых с XVII-XVIII веков. На большей части УР техногенные овраги встречаются относительно редко с отдельными повышенными показателями густоты и плотности. Таким образом, подтверждается азональный характер распространения техногенных оврагов и их зависимость от хозяйственной деятельности человека.

Глава 3. Факторы территориального распространения техногенных оврагов

Следует выделить 2 группы факторов, влияющих на развитие техногенного оврагообразования на территории Удмуртии: 1) *природные* – гидроклиматические условия, характер рельефа, состав подстилающих пород и почвенно-растительный покров; 2) *антропогенные* – протяженность и густота дорожной сети, количество и площадь населенных пунктов, лесистость территории.

Основным анализируемым показателем возможного влияния факторов техногенного оврагообразования в нашем случае рассматривалась густота техногенных оврагов. Поскольку на каждый тип техногенных оврагов – придорожных, селитебных или промышленно-стоковых – возможно разное воздействие одних и тех же факторов, нами также проводились дисперсионный и корреляционный анализы для оценки влияния всех факторов на каждый тип техногенных оврагов отдельно в программе «STATISTICA 6.0» (табл. 1, 2). Поскольку в большинстве случаев рассматриваемые зависимости являются криволинейными, то для основных факторов рассчитывался еще дополнительный показатель – корреляционное отношение (η).

Выявлено очень слабое влияние на распространение техногенных оврагов гидроклиматических условий. Показатели половодного и паводочного стока изменяются по территории УР зонально, а распространение техногенных оврагов в целом азонально. Геоморфологические и литологические условия всего элементарного бассейна на развитие техногенных оврагов влияния практически не оказывают. Слабая криволинейная связь зафиксирована между густотой техногенных оврагов и местными базисами эрозии ($\eta=0,24$), а

также со средними длинами склонов в пределах элементарного бассейна ($\eta=0,24$). Для выявления связи развития каждого конкретного техногенного оврага с рельефом необходим индивидуальный анализ геоморфологических условий в каждом конкретном водосборном бассейне. Проведение корреляционного анализа показало отсутствие связи между плотностью техногенных оврагов в целом, плотностью дорожной сети и долями площадей земель поселений. Подсчет корреляционного отношения выявил значительную криволинейную зависимость плотности придорожных оврагов от плотности дорожной сети ($\eta=0,49$) и плотности селитебных оврагов от доли земель населенных пунктов в элементарном бассейне ($\eta=0,53$).

Таблица 1

Результаты корреляционного анализа (r) между показателями плотности техногенных оврагов и природными факторами

Тип оврага	Половодный сток, мм	Паводочный сток, мм	Средний уклон склона, м/км	Средняя длина линии стока, м/км	Местный базис эрозии, м	Мощность дел.-сол. суглинков, м	Эроз. прочность почв, Н
Придорожный	-0,07	-0,04	0,05	-0,08	0,10	-0,00	0,03
Промышленно-стоковый	-0,10	-0,11	-0,03	0,02	0,04	0,17	0,14
Селитебный	0,10	-0,07	-0,00	0,03	-0,08	-0,03	-0,09
По всем типам	-0,02	-0,11	0,02	-0,04	0,04	0,03	0,01

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа (r) между показателями плотности техногенных оврагов и антропогенными факторами

Тип оврага	Лесистость элементарного речного бассейна, %	Плотность дорожной сети, км/ км ²	Доля земель насел.пунктов, км ²	Количество насел. пунктов
Придорожный	-0,08	-0,11	-0,09	-0,10
Промышленно-стоковый	-0,14	0,07	0,17	-0,14
Селитебный	-0,05	-0,08	-0,03	-0,02
По всем типам	-0,14	-0,11	-0,03	-0,13

Проведение качественного анализа показало некоторую зависимость плотности техногенных оврагов от плотности населения на территории Удмуртии. Так, в районах с минимальной плотностью населения (до 10 чел./км²) наблюдается минимальная плотность техногенных оврагов. Большая часть бассейнов с максимальной плотностью техногенных оврагов находится на территории районов со средними показателями плотности населения (от 10 до 20 чел./км²).

Таким образом, техногенные овраги появляются чаще на относительно коротких, лишенных древесной растительности, склонах со значительными глубинами местных базисов эрозии. При этом наличие дороги, населенного пункта или промышленного предприятия на склоне значительно увеличивает возможность появления оврага.

Фактическое отсутствие корреляции густоты техногенных оврагов с гидроклиматическими факторами подтверждает аazonальный характер их распространения. Низкая роль влияния антропогенных факторов на всю совокупность техногенных оврагов связана, на наш взгляд, с целым рядом причин, в первую очередь, с их относительно редким распространением по территории. Так, показатель густоты более 20 м/км² зафиксирован только в 27 элементарных бассейнах из 1285. Тесная криволинейная связь установлена только для отдельных типов оврагов. Антропогенные факторы создают предпосылки для появления оврага, но появится ли он на этом месте, зависит от всей совокупности рассматриваемых нами факторов. Возможно, имеется связь с процентом нарушенных земель в элементарном бассейне, но получить данный показатель по всем бассейнам очень сложно и это задача следующего этапа исследований.

Глава 4. Оценка динамики техногенного оврагообразования

В 1978 году И.И. Рысиным [1981] начались наблюдения за ростом оврагов на территории республики. В настоящее время наблюдениями охвачено 182 оврага (159 агрогенных и 23 техногенных) на 35 ключевых участках, расположенных в разных районах Удмуртии.

Среди 23 наблюдаемых на ключевых участках техногенных оврагов преобладают придорожные овраги (52,1%). Доля наблюдаемых на ключевых участках промышленно-стоковых оврагов составляет 34,8%, а доля селитебных оврагов ниже – 13,0%. Связано это со сложностью долговременного наблюдения за оврагами на территории населенных пунктов.

Максимальные среднегодовые скорости роста наблюдаются у придорожных оврагов – 11,2 м/год (табл.3). Существенная разница с показателями среднегодовых скоростей промышленно-стоковых и селитебных оврагов имеется, даже если не учитывать катастрофичный рост оврага у нефтебазы с.Тарасово – 85,0 м/год (максимум - 204 м/год в 2011 г.). Без учета среднегодовой скорости роста этого оврага скорость роста придорожных оврагов уменьшится до 4,5 м/год.

По скорости роста овраги можно подразделить на 4 основные группы – 1) слабо растущие (<0,5 м/год), 2) умеренно растущие (0,5-2,0 м/год), 3) интенсивно растущие (2,0-10 м/год), 4) катастрофично растущие (>10 м/год).

Необходимо отметить, что в 2013 году на 5 техногенных оврагах из 23 прироста вообще не наблюдалось. И эта цифра каждый год меняется. В годы с экстремальными условиями поверхностного стока даже ныне зарастающие овраги могут возобновить свой рост, поэтому за ними продолжается наблюдение.

В целом, какой-либо пространственной дифференциации средних скоростей не наблюдается. Обычно небольшие скорости прироста соседствуют со значительными и это характерно для многих районов республики. Причем высокие скорости роста могут наблюдаться и на участках со слабой овражной расчлененностью, а территории с густой овражной сетью часто характеризуются низкими скоростями среднегодового прироста.

Таблица 3

Средние скорости роста генетических типов техногенных оврагов по данным полустационарных наблюдений за многолетний период

Ключевые участки	Период наблюдений, годы	Количество оврагов	Средние скорости роста, м/год			
			придорожные	промышленно-стоковые	руральные	по всем
1. Черная-Светлое	1978-2013	1	0,81	-	-	0,81
2. Макарово	1983-2013	1	2,15	-	-	2,15
3. Докша	1978-2013	1	0,43	-	-	0,43
4. Мазунино	1978-2013	1	0,52	-	-	0,52
5. Мушак	1978-2013	1	19,37	-	-	19,37
6. Крым. Слудка	1978-2013	3	-	-	0,95	0,95
7. Кулюшево	1978-2013	1	-	0,96	-	0,96
8. Соколовка	2003-2013	4	0,77	0,20	-	0,35
9. Гремиха	2004-2013	1	-	1,31	-	1,31
10. Забегалово	2004-2013	1	0,52	-	-	0,52
11. Быги	2004-2013	1	-	0,15	-	0,15
12. Медведево	2004-2013	2	1,64	3,20	-	2,42
13. Каракулино	2006-2013	1	-	1,25	-	1,25
14. Бемыж	2006-2013	1	5,44	-	-	5,44
15. Юмьяшур	2006-2013	1	12,90	-	-	12,90
16. Новогорское	2007-2013	1	5,28	-	-	5,28
17. Тарасово	2011-2013	1	85,00	-	-	85,00
Итого:		23	11,20	0,94	0,96	6,33

Анализ имеющегося 36-летнего ряда непрерывных полустационарных наблюдений, как за агрогенными, так и техногенными оврагами показывает, что в росте оврагов обоих типов имеется ряд общих закономерностей.

Первое, что отмечается - это отчетливый неравномерный и пульсационный характер роста. Так, скорость роста вершины год от года может изменяться от сотен метров в год вплоть до полного затухания. Возобновление роста оврага может вызвать экстремальное воздействие какого-либо фактора. Что касается прироста агрогенных оврагов, то в

большинстве случаев это связано с влиянием гидрометеорологических условий - интенсивностью снеготаяния, максимальным количеством осадков в сутки и, в некоторой мере, с влиянием хозяйственной деятельности человека. В экстремальном приросте техногенных оврагов значительную роль играет антропогенный фактор в виде технических сооружений, аккумулирующих и перераспределяющих поверхностный сток. На антропогенный фактор накладывается влияние геоморфологических факторов и состава размываемых горных пород.

Вторая закономерность заключается в постепенном затухании процессов развития агрогенных оврагов и высокой активности прироста техногенных оврагов. Скорость прироста агрогенных оврагов по данным полустационарных наблюдений неуклонно падала и составила в 1981-1990 гг. – 1,0 м/год, в 1991-2000 гг. – 0,9 м/год и в 2001-2013 г.г. – 0,2 м/год. Совершенно иная динамика скоростей прироста по данным полустационарных наблюдений характерна для техногенных оврагов. Если рассмотреть динамику развития 23 техногенных оврагов с 2003 г., то не вызывает сомнений активизация их ежегодного прироста (рис.2).

В любой момент картина развития техногенных оврагов может измениться, поскольку деятельность человека не зависит ни от природных условий местности, ни от времени года. Так, например, описаны случаи образования оврагов зимой в результате слива теплых вод ТЭЦ [Любимов, 1998]. О затухании техногенного эрозионного процесса можно говорить только в случае прямого воздействия на его рост (например, засыпание), достижении его вершиной источника временного водотока (например, сточная труба) или водораздельных пространств.

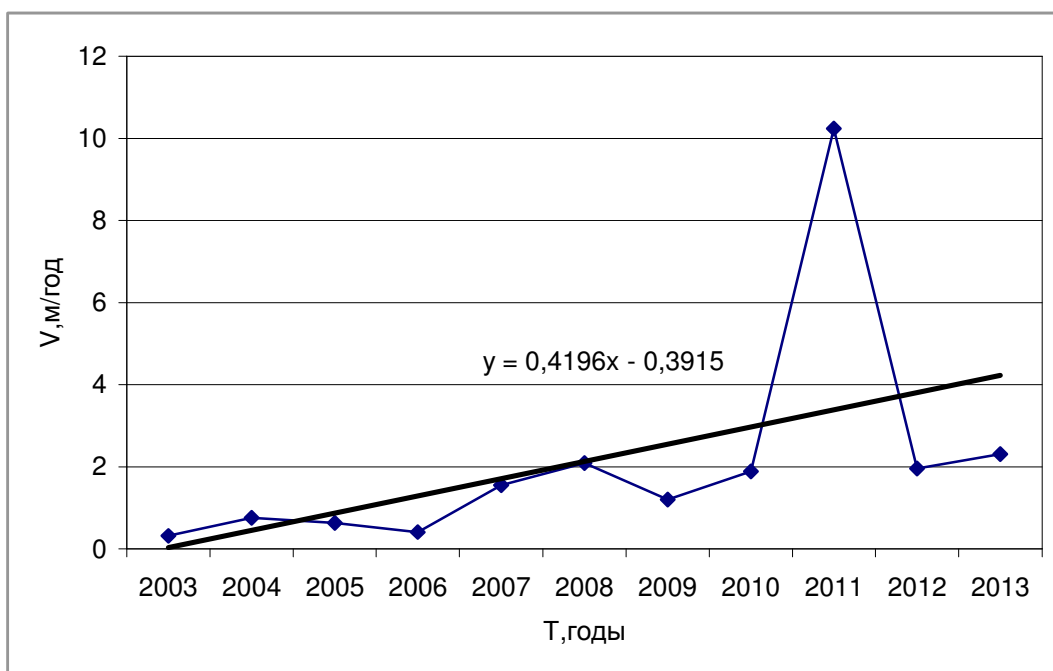


Рис. 2 График роста техногенных оврагов с линией тренда на территории УР за 2003-2013 г.г.

Максимальными скоростями роста характеризуются придорожные овраги, развивающиеся в делювиально-солифлюкционных суглинках и аллювиальных отложениях. Минимальные скорости наблюдаются у оврагов, развивающихся в пермских глинах с прослоями более прочных пород – известняков, мергелей и других.

На среднюю многолетнюю скорость роста большинства техногенных оврагов влияют в первую очередь площади их водосборных бассейнов (рис.3) и длины склонов (табл.4). Связь с уклонами и местными базисами эрозии практически не прослеживается. По всем морфогенетическим типам оврагов наибольшее влияние также имеет величина водосборной площади. Для промышленно-стоковых общее влияние геоморфологических факторов несколько ниже, в силу более значительного влияния на их рост антропогенных факторов.

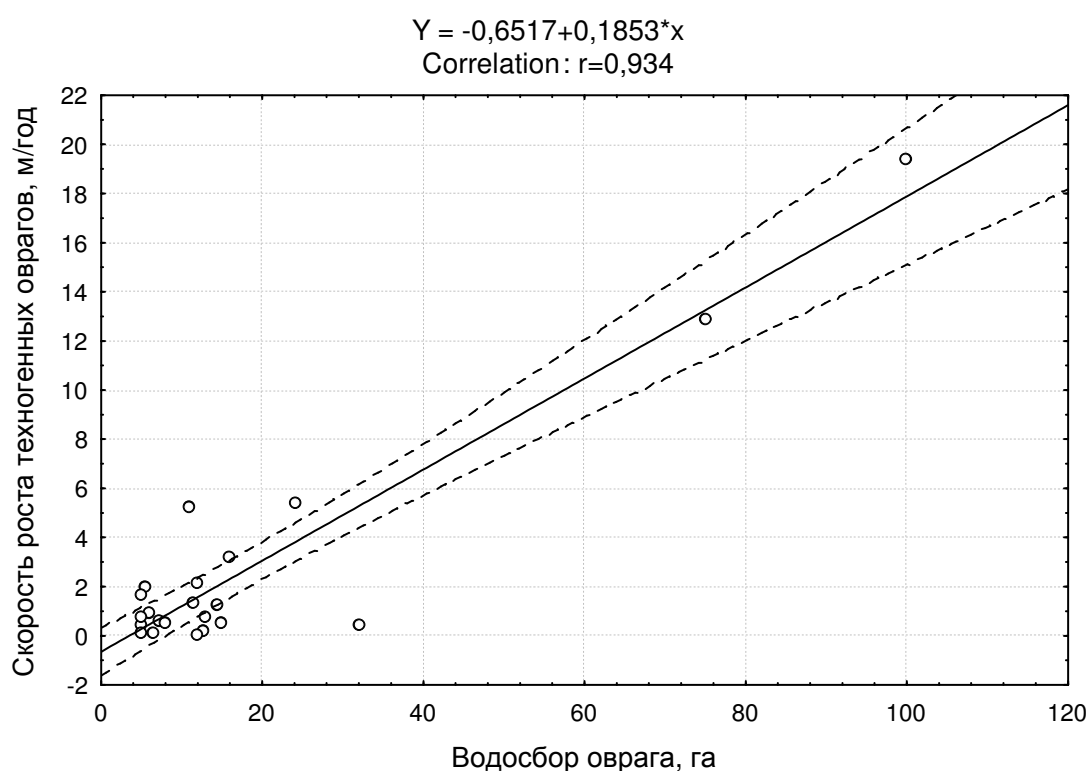


Рис. 3 Зависимость скорости роста техногенных оврагов от площади их водосбора

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа (r) между средними многолетними скоростями роста техногенных оврагов и геоморфологическими факторами

Тип оврага	Площадь водосбора, га	Длина склона, м	Уклон оврага, м/км	Уклон линии стока, м/км	Уклон склона, м/км	Местный базис эрозии, м
Придорожный	0,903	0,923	-0,485	-0,369	-0,125	0,226
Промышленно-стоковый	0,706	0,041	-0,384	-0,169	0,013	-0,185
По всем типам (включая селитебные)	0,934	0,785	-0,413	-0,267	-0,181	0,262

Исходя из проведенного корреляционного анализа, связь большинства гидрометеорологических факторов с интенсивностью оврагообразования носит в большей степени неоднородный характер, усугубляемый или нивелируемый местными техногенными факторами.

Рост оврагов в летне-осенний период в среднегодовом приросте существенно уступает весеннему приросту. Наибольшее воздействие на летний прирост техногенных оврагов из рассмотренных показателей оказывает сумма осадков за теплый период. Показатель максимального значения суточного слоя ливневых осадков имеет меньшее значение, но только до 40-50 мм. Так, 19 июня 2012 г. за 12 часов выпало 75 мм осадков. В частности, образовался овраг на ул. 3-я Подлесная в Октябрьском районе г. Ижевска протяженностью около 20 м и глубиной до 1,5 м. Много урбаногенных оврагов появилось после интенсивных ливней 4 и 5 июля 2014 г., когда сумма осадков за 2 дня превысила 50 мм.

Изучение показателей динамики площади и объема эрозионных форм является одной из важнейших задач в геоморфологии. Получаемые с помощью ежегодной тахеометрической съемки морфометрические показатели оврагов позволяют нам с высокой точностью определять объем выносимого материала. Так, например, линейный прирост наблюдаемого оврага в д. Крымская Слудка за 2007-2008 г.г. составил 1 м/год, в то время как его площадь и объем увеличились на 22% и 20%, соответственно.

Таким образом, развитие техногенных оврагов отличается пульсационным характером и очень высокими амплитудами скоростей роста – от 0,2 м/год в 1999 г. до 10,2 м/год в 2011 г. При этом данные показатели не зависят ни от гидрометеорологических условий, ни от времени года. Наибольшее влияние на динамику техногенного оврагообразования оказывают площадь водосбора оврага и длина склона, на котором идет его развитие.

Глава 5. Прогнозирование овражной эрозии и практические рекомендации

Нами была построена математическая модель динамики скоростей оврагообразования, учитывающая периодическую составляющую и позволяющая прогнозировать будущие скорости роста оврагов на ближайшие годы. Были отобраны четыре временных ряда среднегодовых скоростей роста оврагов по различным регионам УР за 1978-2011 г.г., относящихся как к техногенным, так и к агрогенным (рис.4).

В общем случае для каждого исходного временного ряда исследовалась последовательность положительных чисел $x(t)$ ($t=1, K, 34$), характеризующая среднегодовые скорости оврагообразования по территории. При анализе построенных графиков временных рядов наилучшую аппроксимацию дала экспоненциальная функция. Затем временные ряды были преобразованы в ряды логарифмов, по которым определялась

универсальная линия тренда. Были выделены периодограммы, в качестве основного периода выбран $T=12$, для которого построен ряд Фурье. Таким образом, в результате комплексного анализа всех временных рядов была построена общая математическая модель динамики скоростей оврагообразования, описываемая следующим уравнением:

$$y(t) = f(t) + g(t) + e(t), \quad (1)$$

где функции $f(t)$ и $g(t)$, определяют детерминированную составляющую модели, $e(t)$ является стохастической составляющей.

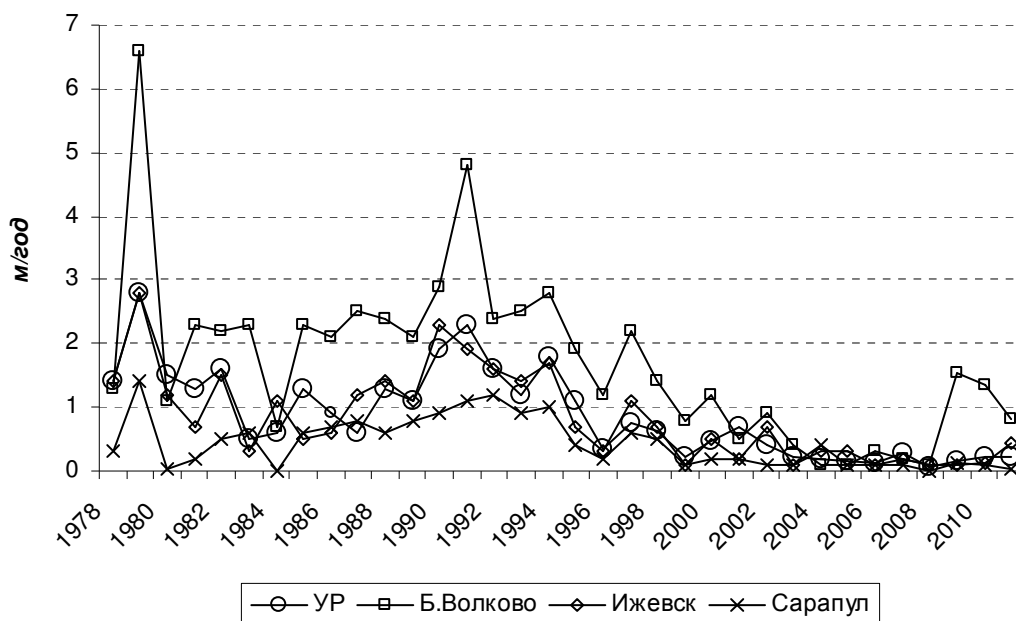


Рис. 4 Графики временных рядов по ключевым участкам (Б. Волково, Ижевск, Сарапул) и по всем наблюдаемым оврагам на территории Удмуртии (УР)

На основании модели получены прогнозные значения рядов (табл.5).

Таблица 5

Прогноз среднегодовой скорости роста оврагов (м/год)

Годы	УР	Б.Волково	Ижевск	Сарапул
2012	0,232	0,834	0,255	0,029
2013	0,236	0,580	0,169	0,030
2014	0,264	1,079	0,581	0,029
2015	0,295	1,916	0,399	0,042

Во время экспедиционных полевых исследований 2012-2014 г.г. были получены средние скорости годового прироста оврагов по анализируемым ключевым участкам и в целом по территории Удмуртской Республики (табл.6). Данные таблицы показывают, что на всех ключевых участках, несмотря на некоторые различия в конкретных величинах

прироста, совпали тенденции развития оврагов. В целом, измеренные скорости роста оврагов в 2012-2014 годах показали значительную степень совпадения с ожидаемым прогнозом.

Таблица 6

Измеренные значения среднегодовых скоростей роста оврагов (м/год)

Год	УР	Б. Волково	Ижевск	Сарапул
2012	0,27	1,09	0,26	0,06
2013	0,15	0,93	0,18	0,06
2014	0,25	1,13	0,43	0,06

Таким образом, имея длительный ряд натурных наблюдений можно достаточно точно спрогнозировать направление развития овражной эрозии.

Для каждого типа техногенных оврагов даны рекомендации по предотвращению появления техногенных оврагов, на основе которых должен быть разработан свой комплекс мероприятий по противодействию не только развитию эрозионного процесса, но и его зарождению.

Несмотря на все многообразие противоэрозионных методов, лучшими из них являются те, которые предотвращают появление эрозионных процессов, а не пытаются остановить рост уже существующих оврагов. Необходимым условием эффективности применения является их комплексное использование с учетом индивидуальных природных особенностей потенциально эрозионноопасного места.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогами проделанной работы стали следующие выводы:

1. Анализ физико-географических условий показал, что большое влияние на современное состояние овражной сети региона и активное развитие оврагов оказывают следующие факторы - мощность лессовидных суглинков, глубина местных базисов эрозии, некоторые климатические показатели (количество и интенсивность осадков, глубина промерзания почв, количество воды в снежном покрове и др.), показатель лесистости региона и хозяйственная деятельность человека.

2. Разработана морфогенетическая типизация техногенных оврагов, которая включает следующие типы: придорожные, промышленно-стоковые, селитебные и карьерные. Придорожные овраги, в свою очередь, делятся на кюветные и дюкерные. Селитебные подразделяются на руральные и урбаногенные. Определены их морфолого-морфометрические показатели.

3. Созданная база данных овражно-эрозионных процессов позволила с помощью геоинформационных систем создать карты густоты и плотности техногенных оврагов на

территории УР и ряд факторных карт – лесистости, половодного и паводочного стока, средних уклонов склонов, эрозионной прочности почвогрунтов и др.

4. Распространение техногенных оврагов на территории Удмуртии крайне неравномерно, что подчеркивает их азональный характер, и зависит от антропогенной освоенности региона. Появление техногенных оврагов вызывается антропогенными предпосылками (нарушение норм, правил и требований природопользования). Развитие техногенных оврагов является результатом совместного действия всех групп факторов – геолого-геоморфологических, климато-гидрологических и антропогенных – в условиях техногенно нарушенных земель, где ни один из анализируемых факторов не является доминирующим.

5. Развитие техногенных оврагов отличается пульсационным характером и очень высокими амплитудами скоростей роста, не зависящими ни от гидрометеорологических условий, ни от времени года. При этом наибольшее влияние оказывают их водосборные площади ($r=0,93$), длины склонов ($r=0,78$), состав размываемых ими грунтов и интенсивность половодного стока.

6. Выявлена общая закономерность в многолетней динамике: тенденция к затуханию агрогенных оврагов и активизация техногенных.

7. Построена математико-статистическая модель роста оврагов за 34-летний период наблюдений с целью прогнозирования развития овражной эрозии на ближайшие четыре года. Измеренные скорости роста оврагов в 2012-2014 годах показали значительную степень совпадения с ожидаемым прогнозом.

8. На основе полученных результатов с учетом предлагаемой типизации предложен комплекс мероприятий по предотвращению появления техногенных оврагов и борьбе с ними.

Основные научные результаты работы опубликованы в следующих периодических изданиях, рекомендованных ВАК:

1. **Григорьев И.И., Рысин И.И.** Применение геоинформационных систем при исследованиях техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии // Геоморфология. 2009. №1. С. 69-75.

2. **Григорьев И.И., Рысин И.И.** Влияние гидрометеорологических факторов на рост оврагов в Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Наука о земле. - 2010. - Вып. 4. - С. 137-146.

3. **Григорьев И.И., Рысин И.И.** Модель прогнозирования скорости роста оврагов в Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. -2013. - Вып. 3. - С. 106 – 114.

а также в следующих основных публикациях:

1. Рысин И.И., **Григорьев И.И.** Роль гидрометеорологических условий в развитии оврагов // Вестник Удмуртского университета, серия «Науки о Земле», Ижевск, 2003. – С. 101-114.
2. **Григорьев И.И.**, Рысин И.И. Роль геоморфологических факторов в развитии оврагов в Удмуртии // Эрозионно-аккумулятивные процессы в бассейне верхней и средней Волги, Ижевск, 2005. – С. 41-52.
3. **Григорьев И.И.**, Рысин И.И. Об особенностях развития сельскохозяйственных и техногенных оврагов в Удмуртии // Проблемы флювиальной геоморфологии / Материалы XXIX Пленума геоморфологической комиссии РАН / Ижевск, 2006 г. – С. 248-252.
4. **Григорьев И.И.** Классификация сельскохозяйственных и техногенных оврагов и оценка скоростей их роста на территории Удмуртии // Общие и прикладные вопросы эрозионных и русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 2006. С. 72-79.
5. **Григорьев И.И.**, Рысин И.И. Анализ скоростей роста сельскохозяйственных и техногенных оврагов на территории Удмуртии // Эрозионно-аккумулятивные процессы и речные системы освоенных территорий / Сборник научных статей III украинско-польско-российского семинара / Львов, 2006 г. - С. 93-100.
6. **Григорьев И.И.**, Рысин И.И. Исследования техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии // Вестник Удмуртского университета, серия «Науки о Земле», Ижевск, 2006. - №11 – С. 83-92.
7. **Григорьев И.И.** Создание геоинформационной системы овражной эрозии на территории Удмуртской Республики // «Наука Удмуртии», Ижевск, 2007 г. – С. 143-152.
8. **Григорьев И.И.**, Рысин И.И. Исследования техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии с применением ГИС-технологий // Вестник Удмуртского университета, серия «Биология. Науки о Земле», Ижевск, 2008. – Выпуск 1 – С. 49-58.
9. **Григорьев И.И.** Создание эрозионной геоинформационной системы для пространственно-временного анализа овражной эрозии на территории Удмуртской Республики // Общие, экологические и инженерные аспекты изучения гидрологических, русловых и эрозионных процессов. М.: Географический факультет МГУ, 2008. С. 53-61.
10. **Григорьев И.И.**, Рысин И.И. Геоинформационные технологии в исследовании овражной эрозии на территории Удмуртии // Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 45-летию кафедры географии УдГУ и 90-летию профессора Широбокова С.И. (материалы конференции) / Ижевск, 2009. С. 65-72.
11. **Григорьев И.И.** Использование программного комплекса «CREDO» для определения объемов и площадей оврагов // Вестник Удмуртского университета, серия «Биология. Науки о Земле», Ижевск, 2009. – Выпуск 2 – С. 141-145.
12. **Григорьев И.И.** Применение программного комплекса «CREDO» для изучения морфометрии и динамики овражной эрозии // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2009. №3, - С. 43-45
13. Зорина Е.Ф., Беляев В.Р., Бондарев В.П., **Григорьев И.И.**, Ковалев С.Н., Прохорова С.Д., Рысин И.И. Эколого-географическая характеристика овражно-балочных систем на урбанизированных территориях // Эрозионные и русловые процессы. Сборник трудов. М.: МАКСПресс, 2010. Выпуск 5. с.261-277.
14. **Григорьев И.И.** Пространственно-временной анализ скоростей роста техногенных оврагов на территории Удмуртии // Эрозия почв, овражная эрозия, русловые процессы: теоретические и прикладные вопросы. М.: Географический факультет МГУ, 2011. – С. 90-99.
15. **Григорьев И.И.**, Егоров И.Е., Петухова Л.Н. и др. О результатах исследования флювиальных систем в Вятско-Камском Междуречье // Теоретические проблемы современной геоморфологии. Теория и практика изучения геоморфологических систем: материалы XXXI Пленума Геоморфол. комиссии РАН - Астрахань, 2011 г. - Ч. 1. - С. 187-192

16. **Григорьев И.И.** Создание карты распространенности техногенных оврагов на территории Удмуртской Республики // Общие и методические проблемы эрозии и русловедения. – М: Планета, 2012 г. – с.72-78.
17. **Григорьев И.И.** Особенности изучения морфометрии и динамики развития оврагов на территории Удмуртии с помощью программного комплекса «CREDO» // Проблемы прикладной и региональной географии: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Ижевск, 2012. – С. 169-175.
18. **Григорьев И.И.,** Рысин И.И. О роли климатических факторов в развитии овражной эрозии в Удмуртии // 27-е пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Ижевск, 2012. - С. 50-60.
19. **Григорьев И.И.,** Сергеев А.В. Овражно-балочная сеть г. Ижевска // Антропогенная геоморфология: наука и практика : материалы XXXII Пленума Геоморфол. Комиссии РАН, Белгород, 25-29 сент. 2012 г. / Ин-т географии РАН, Белгород. гос. нац. исслед. ун-т. - М. ; Белгород, 2012. - С. 203-206.
20. **Григорьев И.И.,** Рысин И.И. Мониторинг агрогенных и техногенных оврагов в Удмуртии // Антропогенная геоморфология: наука и практика : материалы XXXII Пленума Геоморфол. Комиссии РАН, Белгород, 25-29 сент. 2012 г. / Ин-т географии РАН, Белгород. гос. нац. исслед. ун-т. – М. , Белгород, 2012 г. - С. 333-337.
21. **Григорьев И.И.,** Рысин И.И. Особенности развития агрогенных и техногенных оврагов в Удмуртии // Региональные исследования природно-территориальных комплексов / отв. ред.: В. В. Сироткин, Р. Р. Динмухаметов. - Казань: ИД МеДДоК, 2012. - С. 88-93.
22. **Григорьев И.И.,** Рысин И.И. Результаты многолетних исследований оврагов в Удмуртии // Фізична географія та геоморфологія : міжвід. наук. зб. / Фізична географія та геоморфологія, нац. ун-т ім. Т. Шевченка. - Київ : [ВГЛ "Обрії"], 2012. - Вип. 2 (66). Матеріали VI міжнар. (пол.-рос.-укр.) наук.-практ. конф. "Актуальні проблеми досліджень впливу ерозійних і руслових процесів на стан і функціонування басейнових систем", Київ, 11-15 вересня 2012. - С. 56-62.
23. **Григорьев И.И.,** Рысин И.И. Результаты прогнозирования роста оврагов в Удмуртии // 28-е пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Пермь, 2013. - С. 146-149
24. **Григорьев И.И.,** Рысин И.И. Прогнозная модель оврагообразования в Удмуртии // Геоморфология и картография – мат-лы XXXIII Пленума Геоморф. комиссии РАН. – Саратов: Изд. Сарат. ун-та, 2013. С. 166-170.
25. **Григорьев И.И.,** Рысин И.И. Особенности развития техногенных оврагов в Удмуртии // Наука Удмуртии. 2014. №2. С. 134-149.
26. **Grigoryev I.I.,** Rysin I.I. About the results of gully erosion monitoring at the east of the Russian plain // Sediment transfer through the fluvial system: Poster Report Booklet / Intern. Assoc. of Hydrological Sciences, Moscow State Univ., Fac. of Geography. - Moscow, 2004. - P. 187-200.
27. **Grigoryev I.I.,** Rysin I.I. About the results of gully erosion monitoring in the territory of Udmurt Republic // Proceedings of the 10th International Symposium on River Sedimentation, Aug. 1-4, 2007, Mocsow, Russia : Effects of River Sediments and Channel processes on Social, Economic and Environmental Safety. - Moscow : MGU, 2007. - Vol. 1. - P. 355-361.
28. **Grigoryev I.I.,** Rysin I.I. On the results of the gully erosion monitoring in the territory of the Udmurtiya Republic // Slope processes and matter movement : (Proceedings of the 1st Italian-Russian Workshop on Water Erosion) / Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State Univ., Italian-Russian Inst. of Education and Ecological Research. - Moscow : Fac. of Geography of the MSU, 2010. - С. 78-82